

## FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> LAYLI MONOKRİSTALININ DİELEKTRİK XASSƏLƏRİ

N.N. NİFTİYEV

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Az.1000, Bakı, Ü.Hacıbəyov, 34

O.B. TAĞIYEV

AMEA Fizika İnstitutu, Az 1143, Bakı, H.Cavid, 33

M.B. MURADOV

Bakı Dövlət Universiteti, Az 1145, Z.Xəlilov, 23

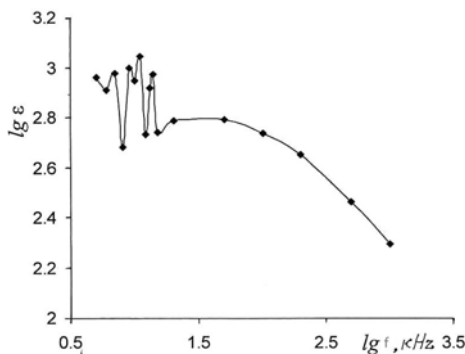
F.M. MƏMMƏDOV

AMEA Kimya Problemləri İnstitutu

İşdə FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> laylı monokristalının müxtəlif tezlik və temperaturalarda dielektrik nüfuzluğu və dielektrik itkisi bucağının tangensi tədqiq edilmiş və onların təcrübi qiymətləri hesablanmışdır.  $\varepsilon$ -nin böyük qiymət alması kristaldakı defektlər arasında elektronların sıçrayışlı mübadiləsi ilə əlaqədardır. Müəyyən edilmişdir ki, itki bucağının tangensi tezliklə tərs mütənəsbdir ( $1/\omega$ ). Yüksək tezliklərdə (500 kHz və 1 MHz) temperatur artdıqca  $tg\delta$  eksponensial qanun üzrə artır.

Son illər  $d$  təbəqəsi tamamilə dolmayan elementlər daxil olan üçlü xalkogenid birləşmələr qeyri-adi fiziki xassələri və praktik tətbiqləri sayəsində intensiv tədqiqatların obyektinə çevrilmişdir. Bu birləşmələr içərisində fiziki prosesləri az öyrənilmiş AB<sub>2</sub>X<sub>4</sub> (burada A-Mn, Fe, Co, Ni; B-Ga, In; X-S, Se, Te) tipli böyük sinif materiallar xüsusi maraq kəsb edir [1-7]. Bu birləşmələrin əsasında lazerlər, işıq modulyatorları, fotodetektorlar, termorezistorlar və s. funksional qurğular yaratmaq üçün perspektivlidir. Hal-hazırkı işdə AB<sub>2</sub>X<sub>4</sub> tipli birləşmələrə aid olan FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalının dielektrik xassələrinin tədqiqi nəticələri verilmişdir.

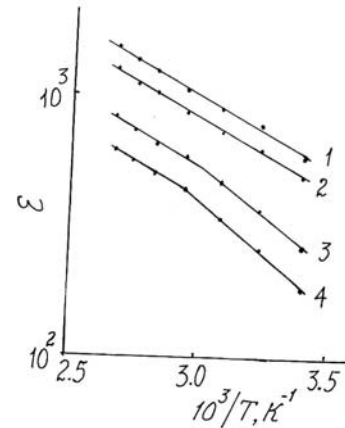
FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalı Bricmen metodu ilə alınmışdır. Rentgenoqrafik metodla müəyyən edilmişdir ki, FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalı qəfəs parametrləri  $a=4,18\text{Å}$ ,  $c=19,47\text{Å}$ ,  $c/a=4,65$  olan heksaqonal quruluşa kristallaşır [8]. FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalının bəzi elektrik xassələri [9] işində öyrənilmişdir. Dielektrik xassələrini öyrənmək üçün qalınlığı  $\sim 0,1$  mm olan monokristal lövhələrdən onlara gümüş pastası vuraraq kondensatorlar hazırlanmışdır. Elektrik tutumunun ölçülməsi E7-20 (25÷10<sup>6</sup>Hz) rəqəmli immetans ölçü cihazının köməyi ilə aparılmışdır.



Şəkil 1. FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalı üçün 295K temperaturda dielektrik nüfuzluğunun tezlikdən asılılığı.

Şəkil 1-də 295K temperaturda dielektrik nüfuzluğunun ( $\varepsilon$ ) cərəyanının tezliyindən ( $f$ ) asılılığı qrafiki verilmişdir. Qrafikdən görünür ki, 1÷20 kHz tezlik intervalında  $\varepsilon$  tezlikdən asılı olaraq 450÷1150 aralığında müəyyən qiymətlər alır. Sonra isə tezliyin artması ilə (20÷50 kHz)

dielektrik nüfuzluğu  $\varepsilon=630$  qiymətini alaraq bir qədər sabit qalır. Daha sonra isə 50 kHz tezlikdən başlayaraq  $\varepsilon$ -nin qiyməti tədricən azalaraq sonda  $\sim 200$  qiymətini alır.

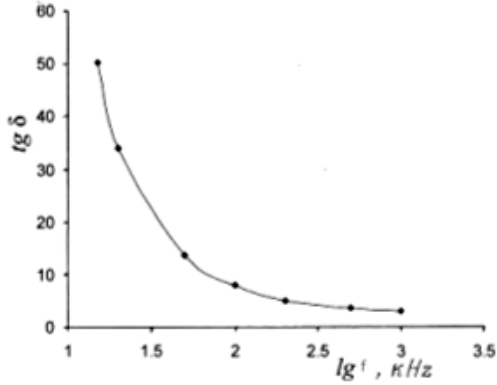


Şəkil 2. FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalı üçün müxtəlif tezliklərdə dielektrik nüfuzluğunun temperaturdan asılılığı: 1 -50 kHz, 2 -100 kHz, 3 -500 kHz, 4 -1 MHz.

Şəkil 2-də müxtəlif tezliklərdə FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalının dielektrik nüfuzluğunun temperatur asılılığı verilmişdir. Şəkildən görünür ki, temperaturun artması ilə  $\varepsilon$  artır. Aşağı tezliklərdə (1 və 2 əyriyə) bir düz xətt meyli müşahidə edilir. Daha yüksək tezliklərdə isə (3 və 4 əyriyə) dielektrik nüfuzluğunun temperatur asılılığı müxtəlif meyllərə malik iki düz xətdən ibarətdir. Yüksək temperaturlu hissədə  $\varepsilon \sim 1/T$  asılılığının meyli temperaturun artması ilə aşağı temperaturlu oblasta nisbətən daha yavaş azalır. 295÷375K temperatur intervalında və 50÷1000 kHz tezliklərdə dielektrik nüfuzluğunun qiyməti 180÷1500 intervalında dəyişir. Məlumdur ki, üçlü birləşmələrdə defektlər kristalın yetişmə prosesində əmələ gələ bilər [10].  $\varepsilon$ -nin qiymətinin böyük olmasının səbəbi kristalda olan defektlər arasında elektronların sıçrayışlı mübadiləsidir [11-12]. Temperaturun yüksəlməsi ilə dielektrik nüfuzluğunun artması defektlərin konsentrasiyasının artması ilə əlaqədardır.

Şəkil 3-də FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalı üçün 295K temperaturda dielektrik itkisinin tangens bucağının ( $tg\delta$ ) tezlikdən asılılığı qrafiki verilmişdir. Şəkildən görünür ki, tezlik

artdıqca itki bucağının qiyməti azalır. Bildiyimiz kimi, dielektrik itkisi dielektrlərdə elektrik enerjisinin istiliyə çevrilən hissəsi kimi özünü göstərir. Yarımqeçirici və dielektrlərdə itki kristalın quruluşundan və defektlərin təbiətindən asılıdır [13]. Defektlərin konsentrasiyasından asılı olaraq dielektrik itkisi on və yüz dəfələrlə dəyişə bilər.



Şəkil 3. FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalı üçün 295 K temperaturda dielektrik itkisinin tangens bucağının tezlikdən asılılığı.

Dielektrlərdə elektrik enerjisinin istiliyə çevrilmə mexanizmlərindən biri elektrik keçiriciliyi ilə əlaqədardır. Bildiyimiz kimi, kristalda sərbəst elektronlar elektrik sahəsindən enerji alaraq istiqamətlənmiş yerdəyişmə edərək elektrik cərəyanı yaradır və öz sərbəst hərəkətləri zamanı kristalın atom və molekulları ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq (səpilərək) öz enerjilərinin müəyyən hissəsini itirirlər. Məlumdur ki, elektrik keçiriciliyi yüksək temperatur və aşağı tezliklərdə itki bucağının tangensinin qiymətini artırır [13]. FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalında elektrik keçiriciliyi 293÷393K temperatur intervalında 10<sup>-3</sup>÷10<sup>-4</sup> om<sup>-1</sup>sm<sup>-1</sup> qiymətlərini alır [9]. Ona görə də FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalı üçün tgδ parametrinin qiyməti böyük olur. Bildiyimiz kimi C<sub>R</sub> və R-in paralel birləşdirilməsi zamanı dielektrik itkisinin tangens bucağı

$$tg\delta = j_d/j_r = I/\omega C_R R \quad (1)$$

ifadəsi ilə təyin olunur. Burada j<sub>a</sub>-aktiv, j<sub>r</sub>-reaktiv cərəyan sıxlığı, ω-isə tezlikdir.

Zəif elektrik sahəsi üçün

$$j_a = \sigma E \quad (2)$$

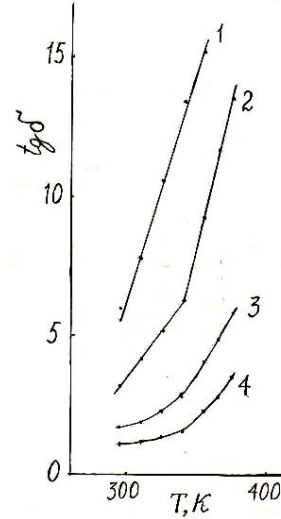
Om qanunu ödənilir. Digər tərəfdən dielektriki müstəvi kondensator kimi təsəvvür etsək, reaktiv cərəyanın sıxlığına aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$j_r = \omega \varepsilon \varepsilon_0 E \quad (3)$$

Burada ε<sub>0</sub> - elektrik sabiti, ε - isə dielektrik nüfuzluğu- dur. (2) və (3)-ü (1)-də nəzərə alsaq, alarıq:

$$tg\delta = j_d/j_r = \sigma / \varepsilon \varepsilon_0 \omega \quad (4)$$

FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalı üçün ε və σ -nın tezlikdən asılı olaraq dəyişməsi çox kiçik olduğu üçün nəzərə almasaq, itki bucağının tangensinin tezliklə tərs mütənasib (tgδ ~ 1/ω) asılılığı ödənilir. Belə ki, şəkil 3-dəki itki bucağının tangensinin tezlikdən asılılıq qrafiki (4) ifadəsinə uyğundur.



Şəkil 4. FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalı üçün müxtəlif tezliklərdə dielektrik itkisinin tangens bucağının temperaturdan asılılığı:  
1 -50 kHz, 2 -100 kHz, 3 -500 kHz, 4 -1 MHz.

Şəkil 4-də müxtəlif tezliklərdə itki bucağının tangensinin temperaturdan asılılıq qrafiki verilmişdir. Şəkilədən görünür ki, müxtəlif tezliklərdə temperatur artdıqca isə itki bucağının tangensinin qiyməti artır. Tezlik artdıqca isə itki bucağının tangensinin qiyməti azalır. FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalında yüksək tezliklərdə (500kHz÷1Mhz) temperatur artdıqca tgδ keçiriciliklə şərtlənən eksponensial qanun üzrə artır [13].

Beləliklə, işdə FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> monokristalının müxtəlif tezlik və temperaturalarda dielektrik nüfuzluğu və dielektrik itki bucağının tangensi tədqiq edilmiş və onların təcrübi qiymətləri hesablanmışdır. ε-nun böyük qiymət alması kristaldakı defektlər arasında elektronların sıçrayışlı mübadiləsi ilə əlaqədardır. Müəyyən edilmişdir ki, itki bucağının tangensi tezliklə tərs mütənasibdir (1/ω). Yüksək tezliklərdə (500kHz və 1Mhz) temperatur artdıqca tgδ eksponensial qanun üzrə artır.

[1] T.Kanamato, H.İdo, T.Kaneko. J.Phys. Japan, 1973, v.34, №2, p.554.  
[2] B.K.Babayeva. Troyniye poluprovodniki i ix prime-neniye. Kişinyev, Ştiinça, 1976, s.96. (Rusca)  
[3] R.N.Bekimbetov, Yu. V.Rud, M.A.Tairov. FTP, 1987, t.21, №6, s.1051-1053.  
[4] R.N.Bekimbetov. Neorqaniçeskoe materialı, 2002, t.38, №8, s.953-957. (Rusca).  
[5] N.N.Niftiyev, O.B.Taqiev. Pismo v JTF, 2003, t.29, v.10, s.49-53. (Rusca).

[6] N.N.Niftiyev, M.A.Alidzhanov, O.B.Taqiev, M.B.Muradov, F.M.Mamedov.Ukr. J.Phys, 2004, v.49, №6, s.579-581.  
[7] N.N.Niftiyev, O.B.Taqiev. Pismo v JTF, t.31, v.19, s.72-75. (Rusca)  
[8] B.K.Babayeva, P.Q.Rustamov. V kn: İsledovaniya v oblasti neorqaniçeskiy i fiziçeskoy ximii (Baku, Nauka, 1977). (Rusca)  
[9] N.N.Niftiyev, M.A.Alidzhanov, O.B.Taqiev, M.B.Muradov. FTP, 2003, t.37, v.2, s.173-175.

- [10] *S.A.Medvedov, S.N.Maksimovskiy, Yu. V.Klebkov, P.V.Şapkin.* Tellurid kadmiya, M., Nauka, 1968. (Rusca).  
[11] *P. W.Zukowski, S.B.Kantorov, D.Maezka, V.F.Stelmakh.* Phys.st. Sol. (a), 1989, t.112, s.695.  
[12] *P.V.Jukovskiy, S.B.Kantorov, D.Monçka, A.Rodzic, K.Kişak, V.Stelmax.* DAN Belarussii, 1993, t.37, s.41.  
[13] *Yu. M.Poplavko.* Fizika dielektrikov. Vışaya şkola, 1980, s.400. (Rusca).

**N.N. Niftiyev, F.M. Mamedov, O.B. Tagiyev, M.B. Muradov**

#### **THE DIELECTRIC PROPERTIES OF LAYERED MONOCRYSTALS FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>**

The dielectric constants and angle tangent of dielectric loss at different frequencies and temperatures for layered monocrystals FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> are explained and their experimental values are defined. The big value of  $\varepsilon$  is connected by electrons with hop exchange between defects, having in crystal are defined. It is established, that angle tangent of dielectric loss decreases in inverse proportion with the frequency ( $\sim 1/\omega$ ).  $tg\sigma$  increases on exponential law at high frequencies (500 kHz and 1 MHz with temperature increase).

**Н.Н. Нифтиев, Ф.М. Мамедов, О.Б. Тагиев, М.Б. Мурадов**

#### **ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОИСТЫХ МОНОКРИСТАЛЛОВ FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>**

Исследованы диэлектрические проницаемости и тангенс угла диэлектрических потерь при различных частотах и температурах для слоистых монокристаллов FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> и определены экспериментальные их значения. Большое значение  $\varepsilon$  связано с прыжковым обменом электронами между имеющимися в кристалле дефектами. Установлено, что тангенс угла диэлектрических потерь уменьшается обратно пропорционально частоте ( $\sim 1/\omega$ ). При высоких частотах (500 кГц и 1 МГц) с ростом температуры  $tg\delta$  растёт по экспоненциальному закону.

*Received: 28.02.07*